



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**MANUAL DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE UN PAN BLANCO DE CAJA A  
TRAVÉS DEL CUMPLIMIENTO A CONDICIONES DE OPERACIÓN.**

**TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**DIANA IVETT ORTIZ TORRES**



**MÉXICO, D.F.**

**2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesor: Rodolfo Fonseca Larios  
**VOCAL:** Profesor: Antonio Valentín Castro Martínez  
**SECRETARIO:** Profesor: Marcos Enríquez Rodríguez  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: Jorge Cayetano María Rubio Avelino  
**2° SUPLENTE:** Profesor: Jorge Rafael Martínez Peniche

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: EDUCACIÓN CONTINUA**

**DIRECCIÓN: MAR DEL NORTE NO. 5, COL. SAN ÁLVARO C.P. 02090. AZACAPOTZALCO, MÉXICO, D.F.**

**ASESOR DEL TEMA:**

**I.Q. MARCOS ENRÍQUEZ RODRÍGUEZ**

**SUSTENTANTE:**

**DIANA IVETT ORTIZ TORRES**

## ÍNDICE

Antecedentes .....	5
Introducción.....	7
Capítulo I. Proceso de fabricación.....	8
I.1 Selección y pesaje de ingredientes.....	9
I.2 Esponja .....	11
I.2.1 Fermentación etílica o panaria.....	12
I.2.2 Otras fermentaciones.....	13
I.2.3 Control de la acidez en el proceso de la fermentación del pan.....	15
I.2.4 Otros factores a controlar .....	19
I.3 Masa .....	20
I.3.1 Formación del gluten .....	21
I.3.2 Velocidad de amasado .....	22
I.3.3 Tiempo de amasado .....	23
I.3.4 Oxidación de la masa .....	24
I.3.5 Temperatura de la masa.....	25
I.4 Dividido .....	26
I.5 Boleado.....	27
I.6 Modelado .....	29
I.7 Cámara de Vapor (Fermentación final) .....	32
I.7.1 Fermentación final .....	33
I.7.2 Control de la fermentación.....	33
I.8 Horneo .....	35
I.8.1 Influencia de la temperatura sobre la masa .....	36
I.8.2 Fenómenos químicos y bioquímicos.....	39

I.9 Enfriamiento .....	40
I.9.1 Actividad acuosa.....	41
I.10 Corte y Embalaje.....	43
Capítulo II. Control estadístico del proceso .....	45
II.1 Método PDCA .....	46
II.2 Causas de variabilidad en los procesos.....	47
II.3 Gráficos de control .....	48
II. 4 Capacidad del proceso .....	49
Capítulo III. Producto final .....	54
III.1 Parámetros de calidad .....	54
III.2 Defectos que pueden generar rechazo de producto. ....	55
Conclusiones.....	62
ANEXO 1. Terminología.....	63
ANEXO 2. NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA". NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. (ESTA NORMA CANCELA A LA NMX-F-159-S-1979). ....	64
Bibliografía .....	74
Referencias electrónicas .....	75

## Antecedentes

No es posible hablar de la historia de la humanidad sin referirse al pan y al trigo y aunque consta que el hombre ya utilizaba el trigo para alimentarse hace más de 11.000 años, los primeros panes se hallan en el Neolítico y tienen entre 6.000 y 9.000 años.

De hecho, el pan como principal alimento derivado del trigo, ha sido desde el principio, el mejor aliado de muchas civilizaciones para vencer el hambre. La falta de pan ha provocado revoluciones y su abundancia ha sido tan importante para los políticos, que llevó a los emperadores romanos a decir que sólo necesitaban “*panem et circenses*” (pan y circo) para mantener la paz.

Incluso el logo de la FAO, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, está basado en una espiga de trigo y en el lema *Fiat panis* (Hágase el pan). Y así, el trigo y su principal transformado, el pan representan el objetivo de la FAO: “por un mundo sin hambre”. (Gil, A. 2010)

El pan ha tenido y sigue teniendo un papel esencial en muchas religiones, en fiestas populares, en la cultura, en el folklore y, por supuesto en una gran cantidad de comidas y celebraciones a lo largo y ancho del planeta.

La industrialización del pan comenzó titubeante después de la guerra civil, Sin embargo para 1900 las panaderías más grandes de Estados Unidos podían producir hasta quince mil panes al día. En 1910, las grandes panaderías regularmente sacaban al mercado cien mil panes, y las fábricas de Brooklyn y el Bronx juntas producían quinientos mil panes al día. Un modelo de panadería creado por la Asociación de Panaderos de América en su reunión de 1925 en Buffalo, NY se decía que había superado la producción de un millón de panes en veinticuatro horas. A partir de 1930 importantes empresas empezaron a diseñar mejores formas de comercializar el pan, mejorando los procesos de conservación y de empaque.

El pan ha tenido una lenta industrialización en comparación con otros sectores del sistema alimentario que tuvieron gran impulso después de la guerra civil. Había razones culturales para ello, pero también representaba dificultades técnicas y económicas. (Bobrow-Strain, A. 2012)

El pan de caja tuvo gran impacto, ya que se empezó a convertir en necesario, debido a que se acomodaba perfectamente a las necesidades de una vida que cada día se hacía más frenética. Gracias a estas nuevas dinámicas en la ciudad, el pan de caja se impuso en familias que ya no tenían tanto tiempo de desayunar, era perfecto para las amas de casa quienes por esa época tenían que realizar rápidamente las meriendas de sus hijos y esposos.

En 1945 el Súper Pan Blanco Bimbo resultó una novedad en el mercado de la Ciudad de México por estar envuelto en celofán, resultó práctico, higiénico, fresco y sabroso y conquistó rápidamente el gusto de los mexicanos y se hizo indispensable en la despensa de casi todos los hogares del país.

Hoy en día Grupo Bimbo es la empresa de panificación más importante en el posicionamiento de marca y la marca, las ventas y el volumen de producción en todo el mundo. La compañía se convirtió en la mayor compañía mundial de fabricación de pan en 2011 informando \$ 10,712 millones de dólares en ventas. ([www.grupobimbo.com](http://www.grupobimbo.com))

## Introducción

Un producto es un objeto que puede ser adquirido y que responde a una necesidad específica, sin embargo la calidad en productos y servicios es la que asegura el éxito, dado que con la satisfacción de los clientes, se adquiere su confianza hacia los productos brindados, el prestigio y lo más importante la preferencia en un mercado que día tras día es aún más competitivo.

Sin embargo la calidad se vuelve aún un reto más grande cuando se enfrenta a la necesidad de una alta productividad en una empresa, para satisfacer la demanda del mercado. Por lo cual el uso del aseguramiento de la calidad a lo largo de un proceso es una forma de minimizar los riesgos y ayuda a asegurar que el producto resultante sea lo que se necesite y quiera, y que mejorará evidentemente algunos aspectos del desempeño del negocio.

Este manual tiene como objetivo, definir la importancia del cumplimiento a condiciones de operaciones como medio para asegurar la calidad del producto final. A lo largo del manual se definirá la importancia de cada condición de operación en las operaciones unitarias del proceso de fabricación del pan blanco de caja, esto con el objeto de controlar la variabilidad del producto final, además de lograr las características de calidad deseadas en el producto y evitar las características indeseables, que pueden ser motivo de rechazo.

Para iniciar definiremos el pan blanco de caja según lo establecido en la norma NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA (Anexo 2) como el producto alimenticio elaborado mediante la cocción por horneado de la masa fermentada, elaborada con harina de trigo, agua potable, sal yodada, levadura y otros ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos.

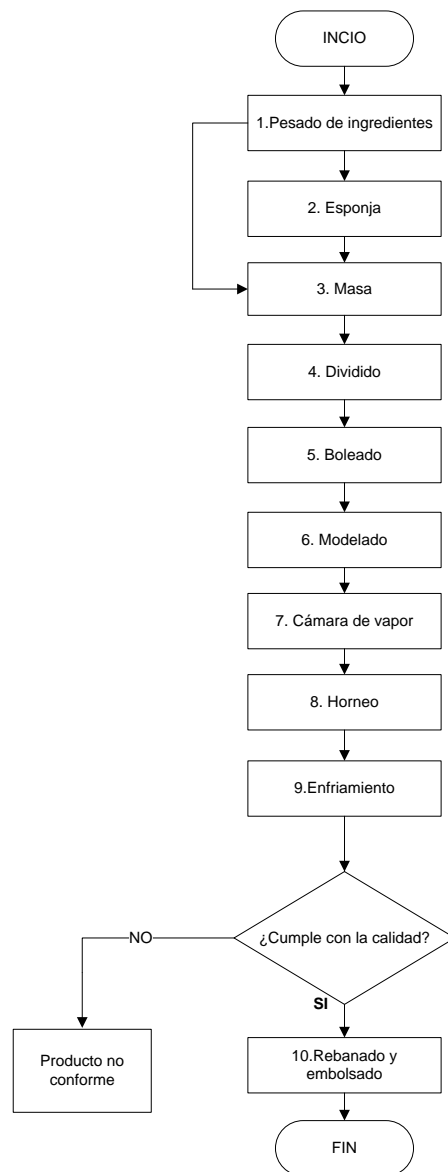
Un pan blanco de caja de calidad, será aquel que cumpla con los parámetros definidos por la norma NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA (Anexo 2) y normas relacionadas.



## Capítulo I. Proceso de fabricación

El proceso que se describe a continuación corresponde al método poolisch- masa esponja para el proceso de fabricación de pan de caja, que es el que actualmente más se utiliza en industria de panificación alrededor del mundo justificado definitivamente por la vida útil más larga del producto, el mejor sabor, las características mejoradas de la masa y una organización más eficiente del trabajo.

**Diagrama 1.1** Proceso de fabricación de pan de caja<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Diagrama simplificado de un proceso de fabricación de pan de caja en una la industria panificadora mexicana X la cual por razones de derechos de autor no se puede citar.

## I.1 Selección y pesaje de ingredientes

Para obtener un buen pan se seguirá un estricto control consistente en:

- Formulación equilibrada,
- Materias primas estandarizadas,
- Y un riguroso seguimiento a fórmula

La formulación equilibrada se establece por el diseño del producto y las cantidades de cada materia prima estarán determinadas no sólo por los requerimientos del producto final sino también por los requerimientos del proceso.

Cabe destacar que la fórmula se expresa en porcentajes de panadero o también conocido como fórmula porcentual, el cual es un procedimiento aritmético de expresar la proporción de los ingredientes cuando se elabora el pan. Es una forma que, contrariamente a la idea de expresar los porcentajes en función del volumen (o el peso) total, se hace en función del peso de harina empleado, que se toma como 100%. Los ingredientes intervinientes se dan en porcentajes sobre la harina empleada. En términos generales se puede decir que el porcentaje panadero toma como centro la determinación de un ingrediente “base” por el cual todos los demás ingredientes se relacionarán porcentualmente en la receta, de esta forma al mantener estrictamente esas relaciones porcentuales el pan elaborado será siempre igual, independientemente de la escala de la preparación.

Por ejemplo, si en la elaboración de pan se suele emplear 100% harina, 60% agua, 1% levadura, 2% sal y 1% aceite, manteca de cerdo, o mantequilla. Con una simple aritmética se puede saber la cantidad verdadera para hacer 50 barras, 10 o 200 panes. Si un panadero quisiera hacer 3 kg de pan debería aplicar  $3 \cdot 100 / (100 + 60 + 1 + 2 + 1) = 1.83$  kg de harina. A partir de este cálculo 60% de 1.83 kg es igual a 1.09 kg de agua, 1% de 1.83 kg 18 gramos de levadura, etc. (Figoni, P, 2004)

Es importante que las materias primas estén estandarizadas de acuerdo a los requerimientos del proceso y del producto final; antes de utilizarse las materias primas deberán de ser evaluadas para determinar si son aptas o no, cualquier anomalía será motivo de rechazo.

El seguimiento a fórmulas permitirá mantener una calidad estándar y un mejor control sobre la producción y los costos de la misma. Para ello es necesario tener escritas las formulaciones base para cada tipo de pan a elaborar.

## I.2 Esponja



**Figura 1.2.1** Tanque donde se observa la mezcla de ingredientes para obtener la esponja.

La esponja comprende el 60% de la harina total y la mayor parte de la levadura y el agua, la meta principal de la esponja es traer acidez a la masa. En este punto del proceso, la retención del gas en la masa y la formación del gluten pasan a segundo término.

### I.2.1 Fermentación etílica o panaria

Una dosis del 3% de levadura para pan normal supone más de 16 millones de células por gramo de masa. Estas, como todo ser vivo tienden a desarrollar su ciclo vital y esta actividad natural es mayormente responsable de la producción de gas, como fuente de energía. Normalmente las células pueden asimilar algunos nutrientes como es el caso de los azúcares simples, pero otros deben ser transformados con anterioridad antes de su metabolización. Este es el caso de la glucosa, que es asimilada directamente. En el caso del almidón o dextrina, necesita un desglose previo por parte de las enzimas diastásicas. (Figura 1.2.1)

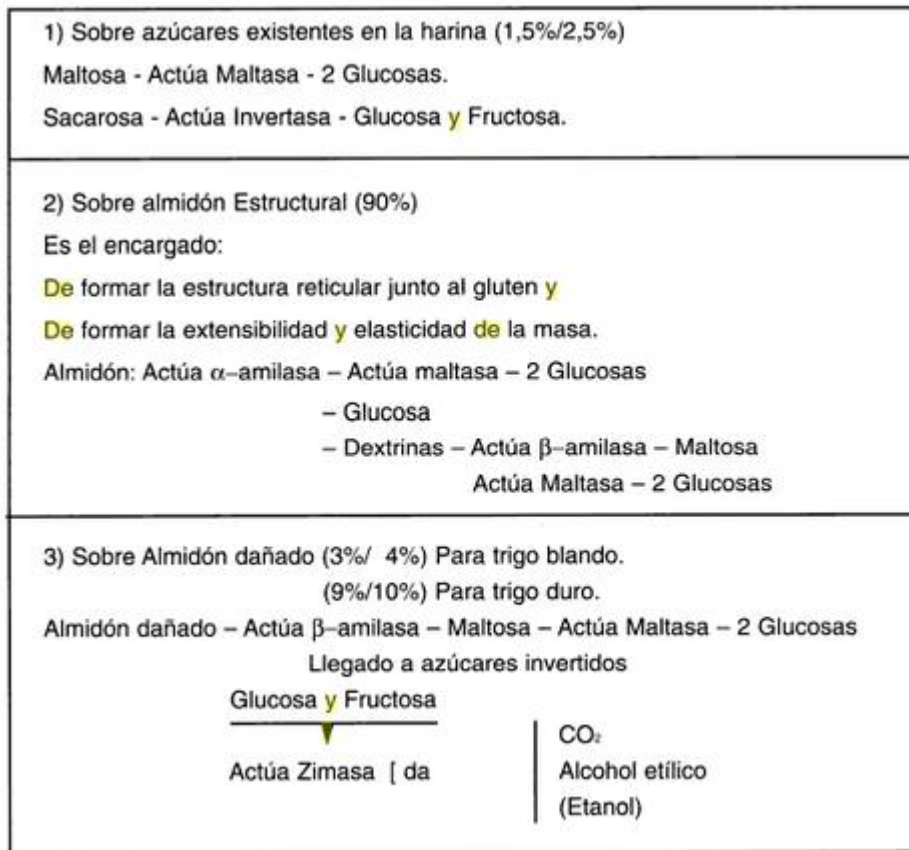
Numerosos productos metabólicos son secretados por la levadura en la fase acuosa de la esponja durante la fermentación, tales como alcoholes, anhídrido carbónico, ácidos orgánicos, aldehídos, etcétera. Otras reacciones contribuyen a la suavidad que incluyen la acción de proteasas y amilasas sobre sustratos específicos.

Este proceso ya consumado, es transformado por la enzima zimasa, en lo que conocemos como la fermentación alcohólica en CO<sub>2</sub> y alcohol (en forma de etanol) y un desgaste energético de 27 calorías por molécula (Calaveras, J. 2004).

La temperatura ideal de la esponja es de 23 a 25°C, ya que a más temperatura de la masa más rápida es la fermentación y suele dejarse una masa fina y blanda llegando al máximo de absorción de agua que admita. (Calaveras, J. 2004).

Lo anterior se debe a que la temperatura óptima de crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* varía entre los 22 y los 29°C y no sobrevive a más de 53°C. Fermenta una solución de azúcar con una concentración inferior al 12%; se inactiva cuando la concentración de azúcar supera el 15%, por la presión osmótica del medio (García, 1995).

**Diagrama 1.2.1** Esquema de cómo actúan las enzimas en los distintos azúcares y almidón.<sup>2</sup>



**I.2.2 Otras fermentaciones**

Además del proceso, que también se denomina fermentación etílica, se conoce la existencia de otros tres procesos que se originan, bien sea directamente del azúcar fermentable o de los productos de otras fermentaciones. Tales son las fermentaciones láctica, butírica y acética.

<sup>2</sup> Calaveras, J., 2004.







Pero ya que resulta imposible eliminar la formación de ácido acético es fundamental al menos que las cantidades de los dos ácidos estén en la proporción óptima de 3:1, puesto que la acción de ambos ácidos sobre el gluten es opuesta: mientras que el ácido láctico lo hace más elástico, el acético actúa sobre la red glutínica haciéndola más corta y rígida.

Durante el proceso de fermentación es cuando tiene lugar el cambio del pH de la masa, sobre todo debido a la formación de ácido láctico: de un valor inicial de 6,2 la masa, a medida que aumenta el tiempo de fermentación va tomando valores de pH más bajos y transcurridas 3 horas alcanza el valor de 5,76 y después de 4 horas y media un pH de 5,67 (Quaglia, G. 1991).

El ambiente ácido favorece la formación del gluten, haciéndolo más extensible y además da al producto final un grado de acidez que retrasa el desarrollo de mohos.

Al objeto de comprender mejor el concepto, recordamos seguidamente la definición de pH y del título de acidez total, dos índices que se utilizan para controlar la fermentación.

El pH es un índice que se obtiene mediante una transformación matemática que representa el logaritmo de la cantidad de iones hidrógeno disociados presentes en una disolución. Más específicamente el pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno presentes:

$$pH = -\log(H_+)$$

El título de acidez total se mide por la cantidad total de ácido presente, esto es, supone la determinación de los iones de hidrógeno tanto disociados como no disociados.

En algunos casos, como el ácido clorhídrico o nítrico, sustancias completamente disociadas en agua, el pH también es la medida de la concentración total de acidez; en otros, como el ácido acético o ácido láctico, que no se disocian

completamente en agua, la medida del pH representa sólo la medida de los iones de hidrógeno disociados y no de la concentración total de acidez.

Esta última situación es la que puede encontrarse en las masas panarias durante la fermentación, por lo que es importante determinar tanto el pH, como el título de acidez total, para un control del proceso de fermentación.

El pH influye en cada fase del proceso de panificación debido al efecto que tiene sobre las proteínas y sobre las enzimas.

Las proteínas tienen carácter anfótero, esto es, reaccionan como ácidos o bases, dependiendo del pH en el que se encuentren, presentando en ambos casos características diferentes.

Para cada proteína existe un valor de pH, llamado punto isoeléctrico, en el que la forma positiva, predominante a pH ácido, está presente en una concentración igual que la forma negativa, debida al pH alcalino. En el punto isoeléctrico, las proteínas tienen propiedades físicas características, en particular la capacidad de hinchamiento, la viscosidad, presión osmótica y la conductividad son mínimas.

**Cuadro 1.2.1** Punto isoeléctrico de algunas proteínas.

<b>Proteína</b>	<b>pH</b>
Albumina de huevo	4,6 – 5,0
Caseína	4,6 – 4,9
Gelatina	4,4 – 5,6
Glutenina	5,3 – 5,4

También reviste una particular importancia el pH, respecto de las enzimas ya que su actividad depende del pH en el que actúan y tienen un valor máximo de pH distinto, según el tipo de enzima:

**Cuadro 1.2.2** pH óptimo de algunas enzimas.

<b>Enzima</b>	<b>pH óptimo</b>
Invertasas	4,5
Maltasas	6,1-6,8
Amilasas	4,6-5,2
Lipasas	4,7

Finalmente, la acidez total titulable es de gran interés para medir la marcha de la fermentación, en efecto, mediante la acidez total titulable (ATT) se puede definir el curso de fermentación e indicar la cantidad de aroma y la producción de gas, y su consiguiente efecto sobre la miga y sobre la estructura del producto final.

**Cuadro 1.2.3** Valores óptimos para la esponja.

	<b>pH</b>	<b>ATT</b>
Inicio	5,5 ±0,5	4,5 ± 0,5
Final	4,9 ± 0,3	6,1 ± 0,5

Valores de pH y ATT distintos de los óptimos causan defectos en el producto final.

Si la esponja presenta valores de pH y acidez, respectivamente inferiores o superiores a los óptimos, este fenómeno indica que la fermentación se ha llevado a cabo a una temperatura demasiado alta, o durante demasiado tiempo, dando lugar a un envejecimiento excesivo de la masa.

#### **I.2.4 Otros factores a controlar**

Un paso técnico básico pero muy importante en el mezclado es el escalamiento exacto de todos los ingredientes. La precisión permite que el panadero regule la actividad de la fermentación, para que sea igual cada día, y genere un producto homogéneo.

El tiempo de realización de la esponja estará determinado por varios factores, uno de ellos es la fase lag o de adaptación de *Saccharomyces cerevisiae* al medio y la fase exponencial que es la etapa en la cual las bacterias consumen a velocidad máxima los nutrientes del medio. Otro factor es la cantidad de levadura añadida, sin embargo el tiempo promedio varía de 2 a 6 horas.

### I.3 Masa



**Figura 1.3.1** Mezcladora de masa industrial

La masa para el pan se obtiene de la combinación de harina de trigo con sus componentes (proteínas, glucósidos y sales minerales), esponja, agua, otros ingredientes y energía. De la mezcla de estos ingredientes las fuerzas de cohesión provocan reacciones químicas, recíprocas. La energía necesaria para producir estas reacciones se proporciona por amasadoras mecánicas a diferentes velocidades.

Las proteínas de trigo no tienen una dimensión molecular uniforme, por lo que durante el amasado las fuerzas de cohesión unen las moléculas de dimensiones diferentes: de este fenómeno se forma una masa plástica y elástica.

Durante la mezcla, las moléculas proteicas de la harina tras unirse entre sí se estiran y se orientan de manera que los grupos electronegativos se sometan a la acción del agua. Después se forman enlaces covalentes, fundamentalmente entre los residuos de cisteína.

Otras fuerzas de enlace, además de la covalente desarrollan su acción en la masa: enlaces dipolares, hidrógeno, iónicos y fuerzas de Van der Waals.

A este respecto, los enlaces iónicos tienen lugar entre las sales minerales que se encuentran en parte en la misma harina (fosfatos, sulfatos, cloruros, etc.), agua y en parte se añaden, como es el caso del cloruro sódico.

La adición de sal en la proporción del 2% en relación a la harina, mejora la resistencia de la masa, su capacidad de retención de gas y en definitiva, el volumen del pan (Quaglia, G.1991).

### I.3.1 Formación del gluten

El gluten es el conjunto de dos fracciones proteicas, la gliadina y la glutenina, unidas por enlaces químicos de distinta naturaleza, tanto intermoleculares como intramoleculares, para formar una red con características de elasticidad y retención de gas.

Simplificando, se podría considerar el gluten como un conjunto de hilos que representan las moléculas de las proteínas. Estos hilos interactúan entre sí o con sustancias (lípidos y glucósidos) formando puentes que crean una red más o menos densa.

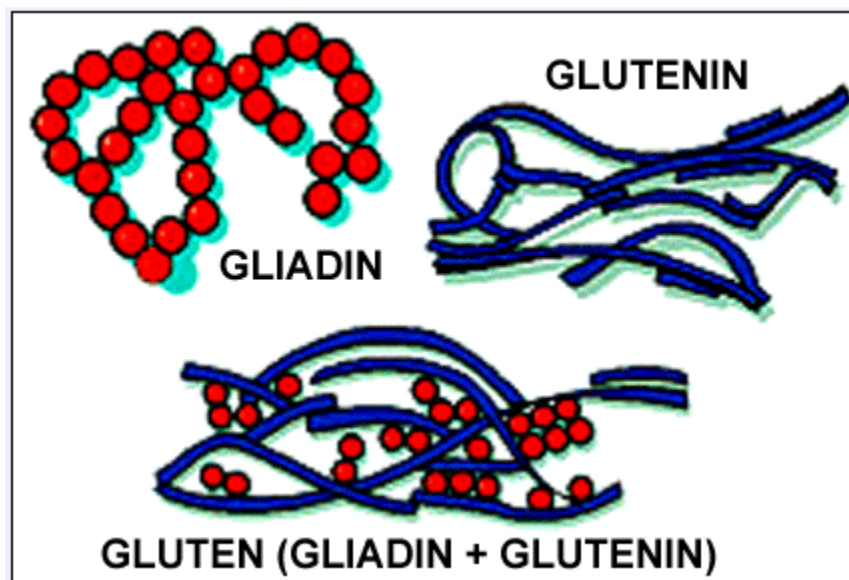


Figura 1.3.2 Estructura proteica, Gluten.

La densidad y solidez de estos puentes, y la elasticidad de la red van a determinar la capacidad que tiene la masa de fermentar o de retener el anhídrido carbónico.

Los puentes se derivan de los dos tipos de enlaces: el enlace peptídico como el que se da entre el ácido glutámico y la lisina, y el enlace disulfuro que se deriva de la unión de dos moléculas de cisteína por deshidrogenación.

Mientras que los enlaces peptídicos dependen del pH del ambiente, la formación de los enlaces disulfuro dependen del potencial de óxido-reducción y en particular de la presencia de oxidantes.

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina y este gluten es el que otorga elasticidad a las masas reteniendo la presión del gas carbónico producido por la levadura. La producción de alcohol va acompañada de ácidos, los cuales se fijan en el gluten y le dan mayor elasticidad.

Estas características se atribuyen a las proteínas que conforman el gluten (gliadinas y gluteninas), consideradas como estructurales.

Las gliadinas están formadas por unidades pequeñas, uniformes, unidas por enlaces disulfuros (S-S) intramoleculares; influyen en el volumen del pan confieren elevada extensibilidad y baja elasticidad a la masa.

Las gluteninas están formadas por cadenas lineales de polipéptidos que se encuentran unidos por enlaces disulfuro, en forma intramolecular e intermolecular; son las responsables de las propiedades elásticas de la masa, le confieren elevada; elasticidad y baja extensibilidad.

### **I.3.2 Velocidad de amasado**

El objeto del amasado inicial (1ª velocidad), es el de dispersar los ingredientes, mezclándolos y homogenizándolos, favoreciendo la disolución e hidratación del gluten, el almidón absorbe agua más rápido que la proteína, siendo la hidratación de la proteína un poco más lenta. Si pasamos rápidamente la amasadora a

segunda velocidad, podríamos empezar a organizar el gluten que apenas se ha empezado a formar y entonces se penalizaría el desarrollo del gluten de la masa.

Posteriormente, se le imprime la energía necesaria a la masa para que desarrolle su estructura de proteínas, gluten, (2ª velocidad), buscando como finalidad que el aire se incorpore en el interior de esta estructura, desarrollándose los alveolos, que retendrán posteriormente el gas procedente de la fermentación.

La masa adquiere volumen, extensibilidad, y se torna lisa, flexible y suave, despegándose de las paredes de la amasadora. El amasado es fundamental, ya que la masa que se obtenga, será la que determine el comportamiento posterior en el proceso, incluso gran parte del resultado final.

### **I.3.3 Tiempo de amasado**

Una vez que el gluten ha sido formado, el movimiento mecánico del gancho trabajara en formar la estructura del gluten. Si miramos cuidadosamente trabajar el gancho de la amasadora, se pueden observar dos movimientos distintos. La primera parte del movimiento estira las cadenas de gluten y la segunda parte dobla las cadenas de gluten sobre sí mismas.

Después de un tiempo de amasado, las cadenas de gluten empiezan a ser más y más largas, más y más finas y más y más superpuestas. Esto crea una masa con una estructura tridimensional de gluten.

Un amasado prolongado generara una estructura bien desarrollada del gluten y un amasado corto generara una estructura de gluten sub desarrollada. Un tiempo de amasado demasiado prolongado estirará las cadenas de gluten hasta el punto de romperse. Esto es lo que se llama una masa sobre amasada.

Debido a la superposición y a una mejor organización de las cadenas de gluten, la estructura del gluten será más fuerte. Un notable cambio en la reología de la masa se puede observar. La masa es cada vez menos extensible, más elástica, y capaz



de atrapar gas. Las propiedades visco elásticas se desarrollan, o más simple, la masa incrementa su fuerza y la retención de gas.

Aproximadamente el tiempo de amasado en baja velocidad será de  $1\pm 0.5$  minutos y  $10\pm 2.5$  minutos en alta velocidad, aunque este dato puede variar de acuerdo a las características del producto y proceso de elaboración.

### **I.3.4 Oxidación de la masa**

Esta reacción es por la incorporación de aire de forma natural en la masa durante el amasado. El aire contiene oxígeno, el cual tendrá algunos efectos sobre la masa.

Hasta cierto punto, el efecto del oxígeno será positivo. El oxígeno reaccionará químicamente con las moléculas de proteína para formar mejores enlaces de gluten. Esto reforzará naturalmente la estructura del gluten y la tolerancia de la masa. Un tiempo de amasado prolongado afectará negativamente algunos componentes de la harina llamados pigmentos carotenoides. Estos pigmentos son componentes naturales del grano de trigo y son responsables del color crema de la harina y la producción de algunos aromas. El deterioro de estos pigmentos generará un producto terminado con una corteza más blanca y un sabor más suave.

A pesar del potencial efecto negativo del oxígeno, el contacto con el aire en la masa es indispensable. Durante el amasado, micro células de aire se introducirán en el sistema de masa. Estas micro células jugarán un papel importante en el proceso de amasado, formando el núcleo de la estructura de la miga: durante la fermentación, el gas producido por la levadura se acumulará en estas micro células y formarán los “alveolos” de la miga.

### **I.3.5 Temperatura de la masa**

Otra característica peculiar es el aumento de temperatura donde inciden distintos calores sobre la misma. El calor natural de las materias primas y de obrador que junto al calor de fricción con la amasadora y al calor que se produce en cualquier roce molecular (este menos importante).

Hasta hace poco se hablaba de una temperatura óptima de trabajo de 24°C. Hoy en día la temperatura óptima existe solamente según el proceso de fabricación. (Calaveras, J.2004)

Como la actividad de fermentación depende de la temperatura de la masa, es importante que el panadero compruebe si se ha alcanzado la temperatura de la masa o no.

Un error muy común en muchas panaderías es continuar amasando si la temperatura de la masa es muy fría. Este aumento de la temperatura se da por la fricción extra de la masa, pero este amasado extra también continua desarrollando el gluten de la masa. Al final el resultado podría ser la temperatura deseada de la masa, pero la masa estaría sobre desarrollada. Así que, en definitiva, ajustar el tiempo de primera fermentación es mucho más seguro y recomendable.

## I.4 Dividido



**Figura 1.4.1** Maquina cortadora de masa industrial

En masas prefermentadas la división se realiza con palas donde la masa sale entre dos rodillos y son unos discos, lo que cortan la masa fluída entre esos dos rodillos; de esta manera no se desgasifica la masa. (Calaveras,J. 2004).

La división es objeto de castigo a la masa, dañando la red de gluten, restándole extensibilidad, y aumentando su tenacidad y temperatura.

Cuando se hace una división por máquina el tiempo es fundamental, normalmente una masa debe ser dividida entre 10 y 15 minutos. Ya que la fermentación sigue su curso y hay producción de CO<sub>2</sub> lo cual puede interferir con la diferencia de peso entre piezas.

Otro punto importante es el monitoreo del peso de dividido de la masa ya que esto afectará directamente el peso del producto final, el control del monitoreo de peso en las piezas después del dividido se analizará en el capítulo II.

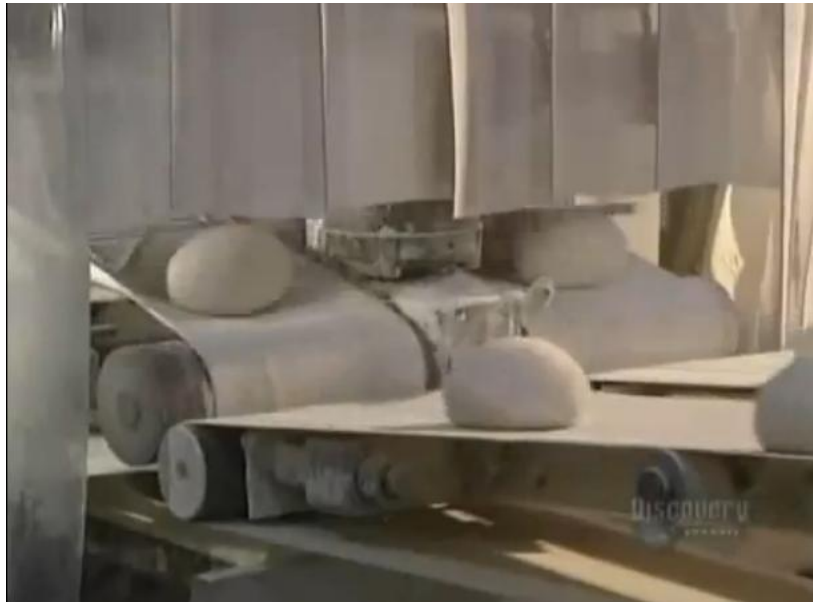
## I.5 Boleado

Cuando las piezas ya ha sido divididas pasan al boleado, quizás el proceso más sencillo de la panificación; pero no por ello deja de ser importante ya que un buen boleado debe admitir suficiente flexibilidad en piezas pequeñas o grandes con un cierre en la parte de su base, lo suficientemente hermético por el que no encontraremos pérdidas de gas a la hora de fermentar.

Para restar el daño producido por el dividido, el boleado junto al reposo, relajan el exceso de tenacidad, y permiten a la red de gluten reorganizarse, lo que se traduce en un mejor manejo de las piezas en el formado.

El espolvoreo en este paso tiene una gran importancia ya que si existe mucha harina a la hora de aportar una pieza en boleado, la pieza tiende a abrirse y forma grietas o malas formaciones. (Calaveras, J. 2004)

La masa debe tener un balance adecuado de propiedades viscoelásticas para conservar su forma. El boleado “activa estructuralmente” la masa y así mejora la estabilidad y elasticidad.



**Figura 1.5.1** Pieza de masa pasa bajo boleadora de sombrilla



**Figura 1.5.2** Piezas de masa boleada por una estructura cilíndrica.



**Figura 1.5.3** La pieza pasa por la etapa de polveo de harina

## I.6 Modelado

El moldeado tiene efectos pronunciados sobre el grano y la textura del pan. Inicialmente la pieza proveniente del boleado es laminada a través de dos rodillos que giran en direcciones opuestas, con objeto de extender la estructura alveolar, cerrando los alveolos formados en la primera fermentación, estando estos relajados y abiertos. Después de la laminación el número de alveolos incrementa además de que su tamaño es más pequeño y uniforme

Posteriormente, la masa laminada es enrollada, sellada y tensada, para depositarla en el interior del molde engrasado.



**Figura 1.6.1** Pieza de masa laminada por rodillos.



**Figura 1.6.2** Masa laminada



**Figura 1.6.3.** Masa laminada es enrollada.



**Figura 1.6.4.** Masa enrollada es depositada en el interior de moldes engrasados.

La mesa modeladora trabaja a una velocidad de 90 golpes por minuto, es decir, es capaz de modelar 3 piezas de masa en 1 segundo.

Entre la división, boleado y formado de la masa hay una etapa de fermentación muy corta que dura entre 15 y 20 segundos. Este tiempo sirve para relajar la masa y dar el tiempo suficiente para que el gluten se recupere del estrés de la división de la masa. Ayuda a tener una masa más fácil de trabajar y un mejor volumen en el pan.



## I.7 Cámara de Vapor (Fermentación final)



**Figura 1.7.1** Piezas de masa en moldes a la entrada de la cámara de vapor

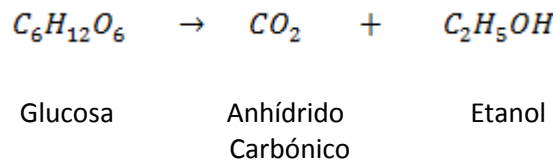


**Figura 1.7.2** Piezas de masa en moldes a la salida de la cámara de vapor

La cámara de fermentación es esencialmente un espacio delimitado, proyectado con el fin de poder satisfacer las exigencias cuantitativas de la masa de una determinada línea de producción y de proporcionar las condiciones óptimas de temperatura y humedad para una fermentación y leudado adecuado.

### I.7.1 Fermentación final

Este proceso está definido como el reposo de las piezas , ya formadas en condiciones favorable controladas, de humedad y temperatura; produciéndose dicho aumento de volumen gracias a la producción y retención de gas y a las modificaciones de las características plásticas de la masa permitiendo dicha expansión. La generación de anhídrido carbónico se obtiene de acuerdo a la siguiente reacción.



#### Ecuación 1.7.1

La fermentación comienza en la esponja y finaliza en el horno, Para ello es necesario un equilibrio en todas las operaciones, que por un lado, ayuden al aguante de la gasificación sin que el pan se debilite a la entrada del horno y por otro lado, exista una correcta fijación de la estructura del pan.

### I.7.2 Control de la fermentación

El control de la fermentación de las masas esponjosas es el factor fundamental en la producción de productos fermentados: este control se realiza fácilmente si se han creado las condiciones ambientales favorables para una fermentación óptima de la masa operando una cámara de fermentación cerrada y protegida correctamente. (Quaglia, G. 1991).

Los moldes que contienen la masa moldeada son transportados a una cámara de fermentación; en un medio controlado de 40 a 45°C y 80 a 85% de humedad relativa; la expansión de la masa depende de factores tales como fuerza de la harina, formulación empleada y particularmente el tipo de pan que pretenda producirse (50 a 60 minutos).

Las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas (>28°C); esto provocará que haya una mayor producción de anhídrido carbónico y por lo tanto que el volumen del pan en el horno sea mayor.

Al elevar las temperaturas con el objetivo de aumentar la velocidad de fermentación, debe considerarse aumentar la humedad de la cámara para evitar desecación de la masa y sus consecuencias en el producto final como corteza pálida y cortes desgarrados.

Es importante monitorear la temperatura de la masa a la entrada y salida de la cámara de vapor, para evitar que la temperatura se eleve demasiado ya que esto estaría favoreciendo la producción de ácido láctico y butírico lo cual no es deseable y la potencial muerte de *Saccharomyces cerevisiae* a 55°C.

## I.8 Horneo



**Figura 1.8.1** Piezas de masa en moldes a la entrada del horno



**Figura 1.8.2** Piezas de masa en moldes a la salida del horno

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas.

### **I.8.1 Influencia de la temperatura sobre la masa**

La pieza de masa introducida en el horno que se encuentra a una temperatura que oscila entre 200 y 275°C sufre un aumento de temperatura a consecuencia de la propagación del calor que tiene lugar, según la zona, por conducción, convección e irradiación.

La parte de la masa en contacto con la base del horno absorbe el calor por conducción, y la que está en contacto con el aire lo absorbe por convección del aire y por irradiación a la vez.

La penetración del calor en el interior de la masa ocurre de manera diferente en función de la temperatura de cocción y de la calidad de la masa.

#### **I.8.1.1 Evaporación del agua contenida en la masa:**

Cuando, durante la cocción, se alcanza la temperatura 100°C el agua que se libera se evapora; evidentemente tal proceso ocurre superficialmente constituyendo un proceso de migración del agua desde el interior al exterior; cuando esta migración se atenúa se inicia la formación de la corteza cuyo espesor depende de la duración de la cocción.

En general se puede decir que la regulación de la temperatura del horno depende de:

1. Naturaleza de la masa, es decir, que es más o menos consistente.
2. De la forma de la pieza de la masa, es decir, de la relación entre la superficie externa y la interna.
3. Del peso de la pieza de la masa.

Una masa más consistente requiere una temperatura de cocción inferior a la necesaria para una masa blanda, porque es menor la cantidad de agua que debe evaporarse.

La duración de la cocción varía según el tamaño y el tipo de pan; el tiempo de cocción varía según lo siguiente:

45-50 minutos para panes de 2.000g

30-40 minutos para panes de 900g

20-30 minutos para panes de 500g

13-18 minutos para panes de tamaño pequeño.

#### I.8.1.2 Volatilización de sustancias aromáticas (alcohólicas y éteres):

Durante la cocción, además de la evaporación del agua también ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100°C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.).

La volatilización depende no sólo de la concentración de estas sustancias en el pan, sino además de la capacidad de retención de gas por la masa, esto es, de su impermeabilidad y en definitiva de la elasticidad de la malla del gluten.

#### I.8.1.3 Aumento del volumen del pan:

A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor de agua, debidos a la temperatura del horno, la masa sufre un rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5-10 min), variable con el peso, la forma y calidad de la masa. El desarrollo de la masa está relacionado con tres factores, es decir, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa y su capacidad de retención del gas. (Quaglia,G. 1991).

#### I.8.1.4 Efecto del vapor en la cocción del pan

La mayor parte de los hornos están dotados de aparatos para producir vapor. En ningún caso debe iniciarse la cocción si el contenido en vapor no es al menos del 75%.

El vapor, una vez introducido el pan en el horno, se condensa sobre la superficie del mismo a causa de la diferencia de temperatura entre el horno (220-250°C) y la masa de pan (25-30°C), formando una sutil película. Tal fenómeno transforma la masa en más mórvida y crea una posterior barrera a la salida del anhídrido carbónico, permitiendo un mayor desarrollo o crecimiento de la masa del pan, confiriendo al mismo un mayor volumen.

La película de agua formada, por la condensación del vapor se evapora lentamente, absorbiendo calor de su inmediata vecindad, por lo que se forma un cierto gradiente de temperatura que hace que se produzca muy lentamente los procesos químicos de superficie, permitiendo la formación de una corteza menos dura y más sólida.

Además la morbidez que se confiere a la superficie de la masa provoca la apertura más lenta de las incisiones anteriormente efectuadas, por lo que presenta una cocción más regular.

Por otro lado la reacción de Maillard y de caramelización, están influenciadas por la humedad del ambiente por lo que se puede observar un color distinto en la corteza, si la cocción se efectúa en presencia de menos vapor.

La cocción en un horno saturado de vapor confiere a la corteza un color amarillo dorado y un brillo que no se produce en la cocción sin vapor, en la que sale un pan de color gris pálido y de aspecto opaco. (Quaglia, G. 1991)

## **I.8.2 Fenómenos químicos y bioquímicos**

A temperatura inferior a 55°C, la levadura continúa activa por lo que la fermentación prosigue; sólo una vez alcanzados los 65°C la actividad de la levadura y de las enzimas cesa, y al mismo tiempo comienzan la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón: la totalidad de estos fenómenos junto con la eliminación del agua hace perder a la pasta la consistencia plástica y la hace asumir una forma rígida.

Como consecuencia de la distinta temperatura entre la superficie y el interior de la masa, el almidón se comporta de manera distinta: en el interior de la masa, la temperatura más baja, convierte el almidón en engrudo, de estructura coloidal, formando la miga; sobre la superficie, la temperatura más alta provoca el proceso de dextrinización y caramelización de los azúcares presentes. Además la temperatura conduce a la eliminación del gas en la masa y de sustancias volátiles y aromáticas como los alcoholes, los éteres y todos aquellos productos derivados de la reacción de Maillard entre azúcares y aminoácidos y se forma el aroma característico del pan. (Quaglia, G.1991).

La última reacción en el horneado es el oscurecimiento de la corteza; esta alcanza temperaturas de 195°C (la de la miga no excede los 100°C), en estas condiciones se propician reacciones de oscurecimiento no enzimático entre los aminoácidos y los azúcares reductores. Estas reacciones producen la coloración dorada, característica de la corteza del pan.

Los hornos más empleados en la industria mecanizada son los de túnel. Éstos son grandes cámaras a través de las cuales los moldes son transportados sobre una banda móvil; los moldes con masa penetran por un extremo y salen por otro, como producto horneado. Por lo general dichos hornos constan de varias zonas de calentamiento (cuyas temperaturas son de 175, 222 y 255°C) aproximadamente, en orden progresivo), diseñadas para obtener un producto horneado.



## I.9 Enfriamiento



**Figura 1.9.1** Piezas de pan girando en torre de enfriamiento

El enfriamiento debe reducir la temperatura de la miga lo suficiente para que el corte sea perfecto. En general esto significa que el centro del pan debe ser enfriado hasta 38°C o menos (lo preferible es una temperatura de 33°C).

Las condiciones de enfriamiento, especialmente la humedad al final del proceso, influyen sobre las características de la corteza. Una atmósfera que sea muy seca hace que la corteza se reseque y se desmenuce. (Quaglia, G. 1991).

Después de horneado, se evaporará un poco de humedad del pan, que tendrá que ser liberada al aire sino la corteza la reabsorbería, haciendo el pan muy húmedo y desagradable. Por ello se aconseja dejar enfriar el pan luego de su cocción en un área ventilada adecuadamente, y dejar reposar un tiempo antes de empaquetar.

### I.9.1 Actividad acuosa

La estabilidad química y biológica de un alimento depende de la << *disponibilidad* >> de agua libre que contenga, frente a los agentes de la degradación y no de su contenido en agua total.

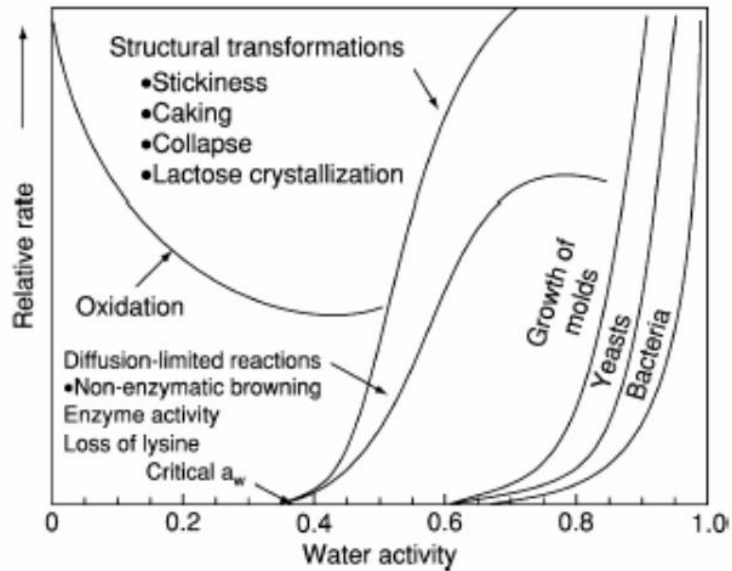
En efecto, en un sistema complejo, como es un producto alimenticio, parte del agua presente está << *ligada* >> a grupos químicos reactivos (-OH, COOH, -NH<sub>2</sub>, -SH) de las numerosas moléculas y macromoléculas que lo componen (azúcares, almidón, pectina, proteínas simples o conjugadas) y como tal no está << *disponible* >> para los agentes físicos, químicos y biológicos responsables de los fenómenos de degradación.

Por << *agua libre* >> se entiende por tanto aquella porción de moléculas de agua contenida en un alimento, no comprometidas en uniones intermoleculares con los grupos cargados, quedando, disponibles para ser metabolizadas por parte de las bacterias. El valor que revela el estado del agua en un alimento se determina por la tensión relativa del vapor del agua de los productos alimenticios.

El término  $a_w$  por tanto es un número comprendido entre cero (ausencia total de agua libre) y uno (agua destilada). En el caso del pan el  $a_w$  es aproximadamente 0.96.

Para cada microorganismo existe un límite de  $a_w$  por debajo del cual las bacterias son incapaces de utilizar el agua porque está fijada a la materia seca Y para debido a la actividad acuosa que presente un alimento es más o menos propenso a uno o varios grupo microorganismos y reacciones (*Figura 1.9.1.1*). (Ponce, Edith. 2005)

El pan, por su composición química, representa un sustrato nutritivo ideal para el crecimiento de los microorganismos, sobre todo en aquellos tipos en los que la humedad es mayor del 20%, del 20 al 40%, y en la miga más que en la corteza.



**Figura 1.9.1.1**

Las especies más comunes que proliferan sobre el pan son *Aspergillus flavus*, y *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum*, *Mucor mucedo* y *Rhizopus* que se multiplican en colonias, de diversos colores, blanco, amarillo, verde y negro.

El desarrollo del moho hace el pan incomedible, no sólo por las alteraciones de sus características organolépticas, sino sobre todo a causa de una toxina producida por el *Aspergillus*, que es nociva para la salud humana y que produce tumores en el hígado. (Quaglia, G. 1991)

## I.10 Corte y Embalaje

Para cortar el pan se pueden usar tres tipos de cuchillos: de cintas, alternativos y giratorios. Para una producción elevada son más útiles los cortadores de cinta por la velocidad y la realización de un corte limpio.

La propiedad física del pan tiene una gran influencia sobre las prestaciones de una máquina de cortar. La corteza debe permanecer rígida para que la pieza conserve su forma, pero no tan seca que se desmigaje enseguida o provoque una resistencia excesiva al corte y un rápido desgaste de la hoja.

La miga debe tener una consistencia suficiente para resistir las laceraciones, la separación de la corteza y el aflojamiento de la estructura del pan; no debe presentar tendencia a adherirse a la hoja de la máquina de cortar. Esta propiedad del pan está condicionada por los ingredientes utilizados y por las condiciones de trabajo. (Quaglia, G.1991).



**Figura 1.10.1** Pieza de pan pasando por bandas cortadoras de acero.

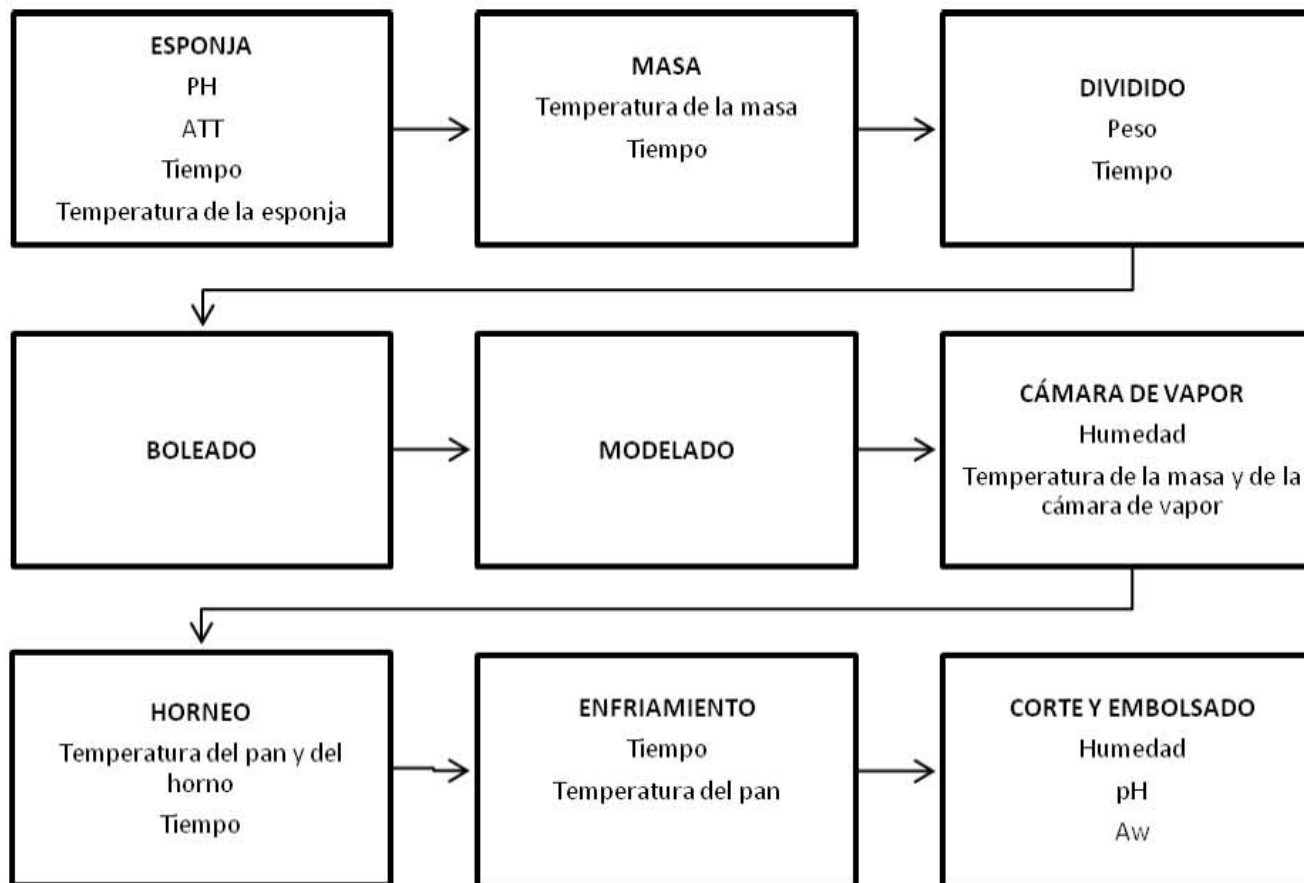
En cuanto al embalaje los materiales son el papel suave y las bolsas de celofán o polietileno que muchas veces se fabrican especialmente para pan. Las bolsas generalmente se amarran con un nudo en lugar de sellarlas con calor. No es recomendable empacar pan caliente en bolsas de plástico porque el vapor se condensa dentro de las bolsas, lo que humedece el producto e induce el crecimiento de mohos. El peso de la unidad de pan está determinado por el peso de la pieza de masa, el que debe mantenerse uniforme en todas las horneadas.



**Figura 1.10.2** Piezas de pan pasando por maquina envolvedora y atadora.

La velocidad de corte y embolsado industrial es de 65 panes por minuto aproximadamente.

**Diagrama 1.11** Proceso de elaboración de pan blanco de caja con condiciones de operación a cumplir.



## Capítulo II. Control estadístico del proceso

Hemos de admitir la imposibilidad de fabricar dos elementos exactamente iguales y, por lo tanto, en principio, aceptaremos la posible variabilidad en los mismos. La experiencia nos dice que, si esta variabilidad está acotada, es decir, se encuentra comprendida entre unos valores fijos, podremos considerar “iguales” elementos que no lo son.

Durante la década de los años 20 del siglo pasado se empezó a proponer el uso de técnicas estadísticas para el control de la calidad en los procesos de producción, con objeto de analizar y controlar las desviaciones existentes entre las características finales de los productos y las especificaciones que inicialmente se habían considerado como estándares de calidad.

### II.1 Método PDCA

El método PDCA (Plan, Do, Check; Act) (planificar, hacer, verificar y actuar) o ciclo de Shewhart lo describió Walter A. Shewhart en 1939. Esta metodología consta de cuatro fases, cuya finalidad es conseguir que una organización aplique la mejora de forma continua, incrementando la calidad y la productividad. Las cuatro fases son: (Plan, Do, Check, Act) (planificar, hacer, verificar y actuar).

- 1.- Plan (planificar). Identificar en qué situación nos encontramos y a dónde se quiere llegar.
- 2.- Do (hacer). Aplicar el modelo teórico, definiendo los medios que se han de utilizar y la forma de realización, para lo cual será fundamental la formación del personal que lo va a aplicar.
- 3.- Chek (verificar). Comprobar los resultados obtenidos con las hipótesis planteadas en la etapa de planificación, para confirmarlas o desecharlas.

4.- Act (actuar). Si las hipótesis han sido confirmadas, se deben de afianzar las acciones que se han tomado para eliminar las causas, analizando la situación antes y después de las modificaciones, y establecer las condiciones que permitan mantenerlas. Si por el contrario han sido rebatidas, se tendrá que examinar de nuevo todo el ciclo.

El ciclo de Shewhart es un procedimiento que ayuda a perseguir la mejora en cualquier etapa también es un procedimiento para descubrir una causa especial que haya sido detectada por una señal estadística. La razón para estudiar los resultados de un cambio consiste en tratar de aprender a mejorar el producto de mañana. La planificación requiere predicción. Cualquier paso del ciclo de Shewhart puede necesitar el apoyo de la metodología estadística para economizar, ir más rápido y protegerse de las conclusiones erróneas por no haber ensayado y medido las interacciones.

## **II.2 Causas de variabilidad en los procesos**

El control estadístico de procesos se basa en la diferenciación entre causas no asignables o comunes y causas asignables o especiales de variabilidad. Las primeras están permanentemente presentes en cualquier proceso como consecuencia de su diseño y de sus condiciones de funcionamiento, generando un patrón de variabilidad que puede ser controlado. Las causas asignables o especiales tienen por su parte un carácter esporádico y puntual provocando anomalías y defectos en la fabricación perfectamente definidos, en cuanto que se conoce la causa que origina ese tipo de defecto y, por tanto, se puede eliminar el mismo corrigiendo la causa que lo genera. El objetivo principal de control estadístico de procesos es detectar las causas asignables de variabilidad, de manera que la única fuente de variabilidad del proceso sean las causas comunes o no asignables, es decir, puramente aleatorias. Diremos entonces que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

Para determinar si un proceso se encuentra o no bajo control estadístico se emplean los denominados gráficos de control de Shewhart. Estos gráficos



correctamente utilizados, constituyen una herramienta de mejora ya que permiten diferenciar entre problemas puntuales, que pueden resolverse mediante acciones directas sobre el problema, y problemas asociados a las causas comunes de variabilidad, que exigen acciones a plantear desde la dirección sobre el sistema en su conjunto; y posibilitan establecer la capacidad real del proceso.

### **II.3 Gráficos de control**

Los gráficos de control son una comparación gráfica, a través del tiempo, de los datos de desempeño del proceso con los límites de control estadístico calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la gráfica. El objetivo primordial de una gráfica de control es detectar las causas especiales de la variación de un proceso.

Podemos señalar los siguientes tipos de gráficos de control:

- Gráficos de control por variables, en los que se analizará una característica de calidad medible, por ejemplo, la longitud, el peso, la resistencia, el nivel de residuos, etc.
- Gráficos de control por atributos, en los que se analiza si el producto resultante posee o no cierto atributo o característica cualitativa.
- Gráficos de control por número de defectos, en lo que se examina la cantidad de anomalías o defectos que presenta el artículo fabricado.

Generalmente, los controles por atributos y por número de defectos suelen emplearse en los denominados controles estadísticos de recepción, en lo que el objetivo es verificar si los productos finales satisfacen las especificaciones o requerimientos de calidad establecidos.

Los límites de especificación de un producto son fijados voluntariamente por el cliente, por el fabricante o por una norma. Intuitivamente los límites se fijan por arriba del peso declarado.

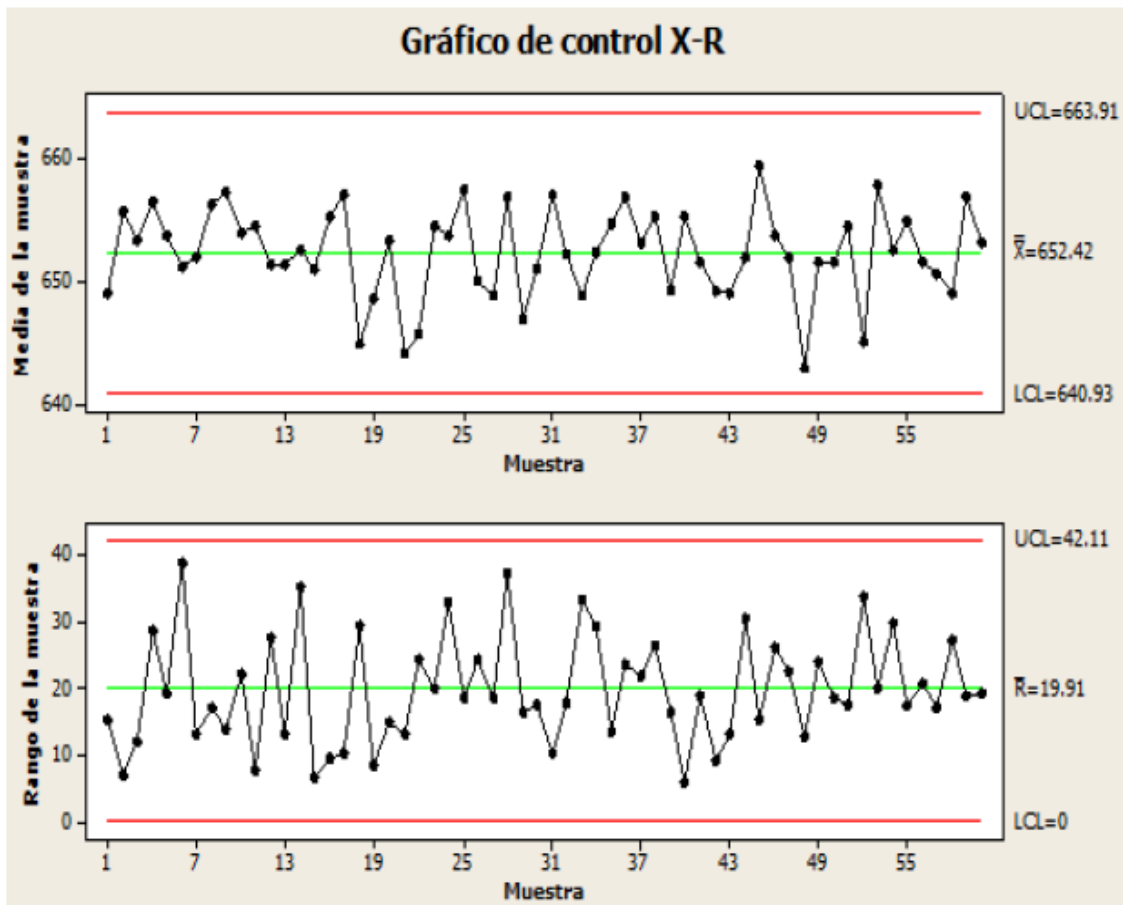


Figura 2.3.1 Gráficos de control de medias y rangos.<sup>3</sup>

## II. 4 Capacidad del proceso

Supongamos que en determinado proceso de fabricación se pretende examinar cierta característica de calidad la cual podemos describir a través de las realizaciones de una variable aleatoria  $X$ . De acuerdo con los criterios de calidad establecidos, definimos como  $\mu$  el valor objetivo de esta característica de calidad, es decir, su especificación de calidad.

El objetivo del control de procesos será mantener el proceso en estado de control de manera que el valor esperado de  $X$  se mantenga en el entorno de  $\mu$  con una dispersión constante ( $\sigma$ ).

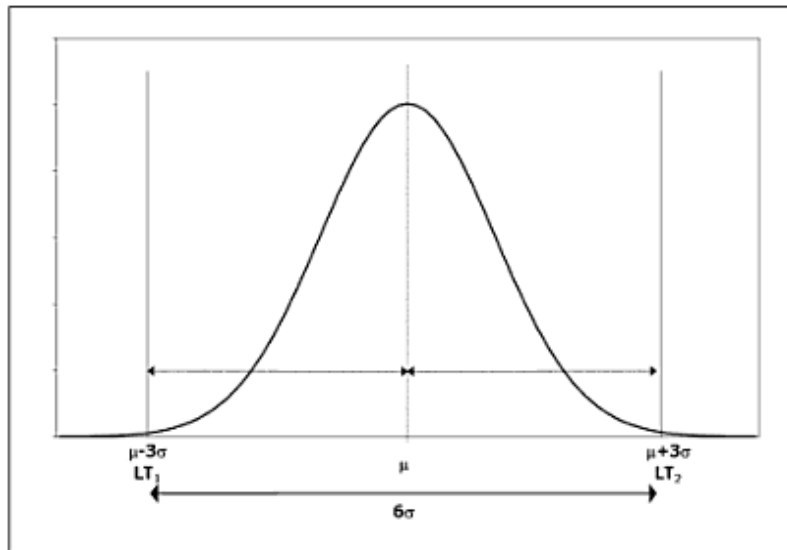
<sup>3</sup> Vera, V. 2013.

Definimos el Intervalo de Tolerancia para una determinada característica de calidad X como su conjunto de valores admisibles, de manera que un producto fabricado fuera de esas tolerancias se considerará un producto defectuoso.

Suponiendo que el proceso se encuentra bajo control y que la variable aleatoria X sigue una distribución Normal de probabilidad  $N(\mu, \sigma)$  es fácil comprobar cómo el 99,73% de las unidades fabricadas se encontraran en un intervalo, con respecto a la media del proceso, de tres veces su desviación típica, por lo que la amplitud de dicho intervalo es  $6\sigma$ . A este intervalo se le denomina Capacidad del Proceso. Si las tolerancias del proceso quedan definidas por el par  $(LT_1, LT_2)$ , definiremos el índice o Indicador de Capacidad del proceso (IC) como el cociente entre el rango de tolerancias del proceso y la capacidad del mismo:

$$IC = \frac{LT_2 - LT_1}{6\sigma}$$

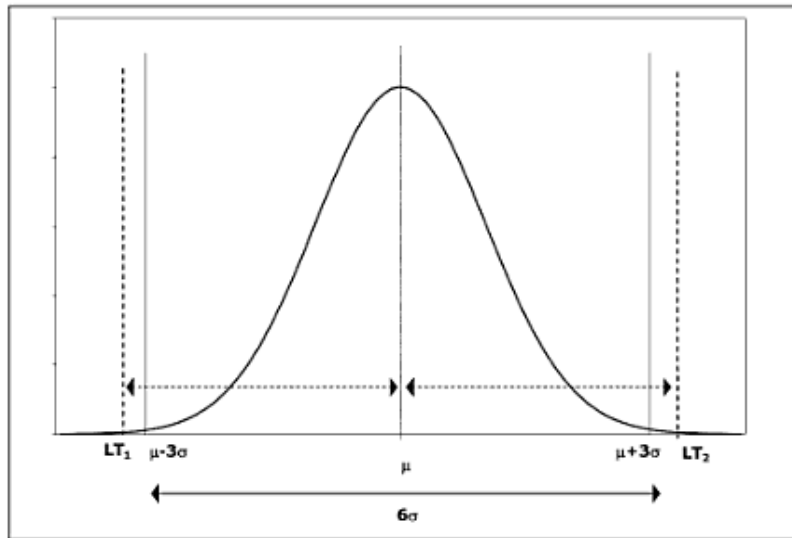
De esta forma si  $IC = 1$ , diremos que aproximadamente el 0,27% de los productos fabricados por este proceso no cumplen las tolerancias de fabricación del proceso y, por tanto, se consideran defectuosos.



**Figura 2.4.1** Índice de capacidad ( $IC=1$ ).<sup>4</sup>

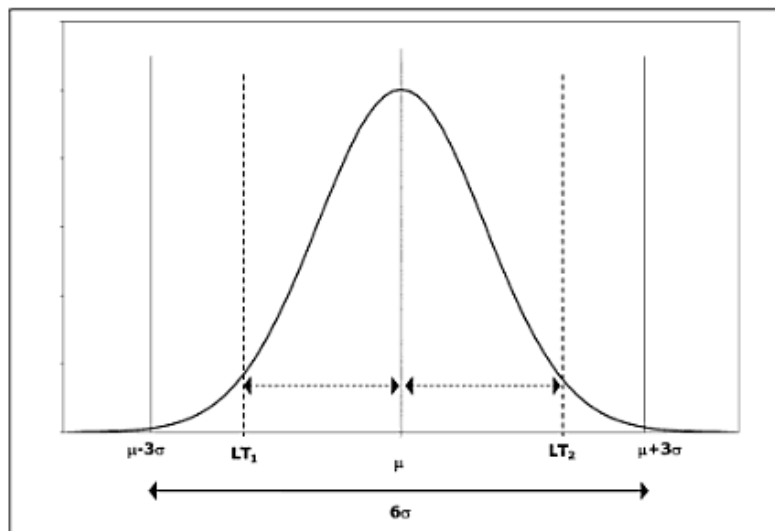
<sup>4</sup> Chamorro et al., 2007.

Si el indicador de capacidad del proceso es superior a la unidad ( $IC > 1$ ) el proceso fabricará un porcentaje de defectos inferior al 0,27%.



**Figura 2.4.2** Índice de capacidad ( $IC > 1$ ).<sup>5</sup>

Por último si el tamaño del intervalo de tolerancias es inferior a la capacidad del proceso, el índice de capacidad del proceso será inferior a la unidad y, consiguientemente, el porcentaje de defectos será superior al 0,27%



**Figura 2.4.3** Índice de capacidad ( $IC < 1$ )<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Chamorro et al., 2007.

En el proceso de fabricación de pan es importante controlar el peso tanto de la masa después del dividido, como el peso del producto terminado. Esto es de suma importancia para poder asegurar que el peso declarado en el empaque es correspondiente al producto adquirido, además de que es un indicador del funcionamiento de la maquinaria al establecer una relación entre la entrada del proceso y la salida del mismo.

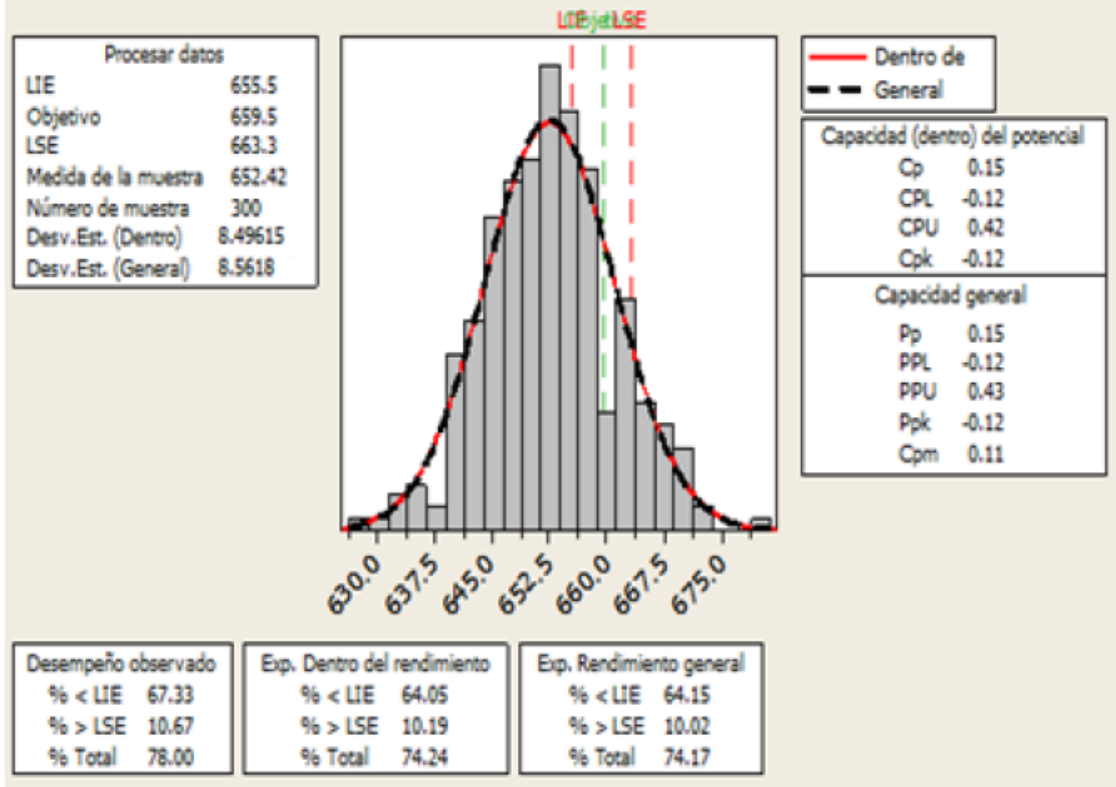
Para lo cual se desarrollan análisis PDCA de la siguiente forma:

1. Plan: se establecerá la magnitud de las piezas de muestreo para que sea representativo de acuerdo a las piezas producidas.
2. Do: los operadores de la línea realizarán el muestreo de la siguiente forma: se pesarán el número de piezas de acuerdo al plan, en una balanza analítica y se registrará el peso en un formato.
3. Check: se analizarán los datos observando el promedio y la desviación estándar de los datos, el índice de capacidad del proceso, el % por arriba del límite superior y el porcentaje y la cantidad de piezas por debajo del peso declarado.
4. Act: la última fase es tomar medidas si son necesarias, de acuerdo a los resultados del análisis.

---

<sup>6</sup> Chamorro et al., 2007.

## CAPACIDAD: ESPECIFICACIONES Pan de caja banco grande 640 gr



**Figura 2.4.4** Estudio de capacidad del plan blanco grande desplegado: comparación con las especificaciones.<sup>7</sup>

El cumplimiento del peso declarado es una de las características de calidad más importantes, por lo cual tener este aspecto bajo control es de suma importancia.

<sup>7</sup> Vera, V. 2013

## Capítulo III. Producto final

### III.1 Parámetros de calidad

Las características del producto final están determinadas por hojas de especificación en la que se reúnen todas las características ideales que la empresa busca de acuerdo a su mercado, de aquí que podamos encontrar panes blancos de caja de diferentes características, sin embargo todos los panes blancos de caja deberán ajustarse a lo mínimo requerido por la norma NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA" (Anexo 2).

Para establecer la calidad de un producto final se calificarán las siguientes características:



**Figura 3.1.1** Pan blanco de caja rebanado

#### **Características físicas**

Aspecto externo: dimensiones alto y ancho

Color exterior y color de la miga; medición con colorímetro

Rebanado: número de rebanadas y espesor

Grano uniforme

Peso

### **Características sensoriales**

Color, aroma, sabor y textura

### **Características químicas.**

El pan blanco de caja deberá cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla:

Tabla 3.1

<b>Especificaciones</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Humedad (%)	30	38
pH	4.5	5.8
<b>Aw<sup>8</sup></b>	0.94	0.98

### **III.2 Defectos que pueden generar rechazo de producto.**

El producto final que no cumpla con una o varias de las características deseadas de acuerdo a la hoja de especificación y a la norma NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA será sujeto a rechazo.

A continuación se presentan algunos de los defectos más comunes y sus probables causas. Sin embargo la causa del defecto en el producto final deberá ser analizada a detalle a través de un análisis a detalle.

---

<sup>8</sup> El parámetro de aw no se incluye en la norma sin embargo es importante considerarlo.



### III.2.1 Características organolépticas

Tabla 3.2.1

DEFECTO	CAUSA
Sabor desagradable	Excesiva acidez Primera fermentación demasiado larga
Olor desagradable	Excesiva acidez Pasado de horneado (tiempo excesivo) Primera fermentación demasiado larga

### III. 2.2 Defectos en la corteza



**Figura 3.2.1** Pan de caja con corteza demasiado oscura en la parte superior.

<b>DEFECTO</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Demasiado oscuro</b>	Pasado de horneo (tiempo excesivo)
	Horno muy caliente
	Cantidad de azúcar excesiva
	Espaciado de moldes en el horno
<b>Demasiado claro</b>	Uso excesivo de aceite de engrase
	Corto de horneo (poco tiempo)
	Poca cantidad de azúcar
<b>Corteza rajada lateralmente</b>	Horno frío
	Moldes recién siliconados
<b>Formación de vesículas sobre la corteza</b>	Modelado irregular
	Panes entrados en el horno demasiado pronto
<b>Formación de vesículas sobre la corteza</b>	Pasta muy fresca
	Desarrollo muy débil
	Calor superior excesivo
	Modelado irregular

### III.2.3 Defectos en la miga



Figura 3.2.2 Rebanada de pan de caja con burbujas en la miga.

<b>DEFECTO</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Coloración irregular de la miga</b>	Modelado irregular
	Masa amasada o fermentada muy fría, por lo que no se ha desarrollado bien en el horno
	Porosidad irregular, reducida al centro
	Manchas claras en la miga debido a una masa mal trabajada
<b>Miga muy húmeda</b>	Pasta muy fuerte
	Cocida con mucho calor
<b>Miga hendida rajada</b>	Temperatura del horno muy baja
	Pasta muy fresca
	Horno muy caliente
	Masa demasiado firme

### III.2.4 Peso

<b>DEFECTO</b>	<b>CAUSA</b>
Peso por debajo del declarado	Divisora mal calibrada Demasiado tiempo entre el amasado y la división de la masa

### III.2.5 Textura

<b>DEFECTO</b>	<b>CAUSA</b>
Excesiva dureza	Baja absorción Nivel bajo de emulsificantes Envasado muy frio Exceso de horneado Volumen bajo
Excesiva blandura	Temperatura ambiente muy alta Envasado muy caliente Poco horneado Alta absorción Nivel alto de emulsificante

### III.2. 6 Volumen

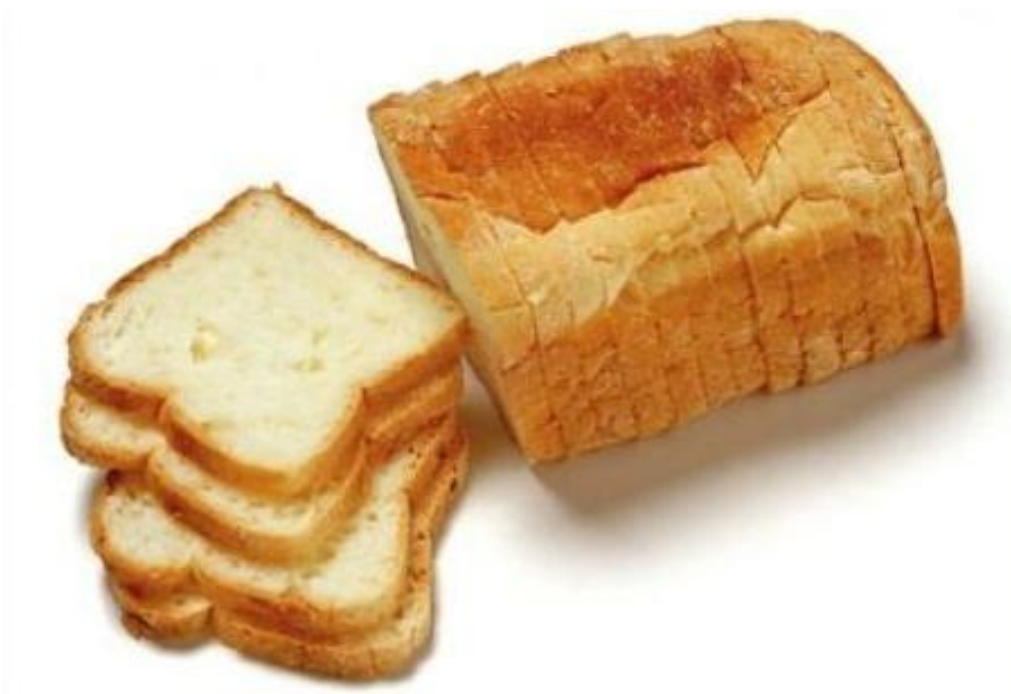


Figura 3.2.3 Pan de caja colapsado

<b>DEFECTO</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Producto pequeño</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>% de levadura o calidad de la misma</li><li>Bajo peso</li><li>Tiempo de fermentación corto</li><li>Temperatura de fermentación desajustada</li><li>Sin crecimiento en el horno</li><li>Colapso en el horno</li><li>Baja absorción</li><li>Tiempo de amasado excesivo o corto</li><li>Fórmula desbalanceada</li></ul>

---

**Producto demasiado grande**

Temperatura de masa muy alta

Moldes calientes

Fórmula desbalanceada

Tiempo de fermentación incorrecto

Nivel de levadura incorrecto

Demasiado peso

---

## Conclusiones

Estratégicamente el respeto y cumplimiento a condiciones de operación se vuelve indispensable durante el proceso de fabricación del pan de caja, ya que asegura la obtención de productos uniformes y conformes a la especificación interna y a la norma NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA", lo cual mejora la planeación de la operación y desarrolla una ventaja competitiva en calidad que no es fácil ni rápido de igualar por los competidores.

Financieramente el cumplimiento de todas las condiciones de operación mencionadas, representa beneficios que pueden resumirse en el ahorro de energía, recursos humanos y costos relacionados con: Desperdicios y retrabajos innecesarios, garantías aplicadas por una mala calidad, demandas de clientes y tiempos extras empleados por una mala calidad.

Por lo antes mencionado, los costos unitarios de producción serán más bajos y la utilidad marginal por unidad producida será más alta.

La calidad obtenida beneficiará comercialmente, ya que mejorará la imagen y diferenciará el producto ofreciendo una garantía adicional de que este cumple con las especificaciones, necesidades y expectativas de los clientes.

Habrá un aumento de clientes satisfechos y una disminución en la pérdida de clientes por mala calidad en el producto.

Operacionalmente el cumplimiento a condiciones de operación, representa una gran oportunidad para la simplificación de procesos productivos que benefician directamente la calidad de los productos.

Asimismo, se eliminan las causas que originan los problemas y se fortalecen los pasos que agregan valor al proceso.

## ANEXO 1. Terminología

1. Esponja: mezcla que comprende el 60% de la harina total y la mayor parte de la levadura y el agua, cuya meta principal es la de traer acidez a la masa.
2. Masa. Mezcla de harina de trigo con sus componentes (proteínas, glucósidos y sales minerales), esponja, agua, otros ingredientes y energía, para hacer pan.
3. Dividido: Corte de la masa en piezas con el peso requerido.
4. Boleado: Formación de piezas esféricas.
5. Modelado: Integración de la masa a su forma final.
6. Horneo: Colocar un alimento en el horno para cocerlo.
7. Enfriamiento: acción y efecto de bajar la temperatura.
8. Embolsado: guardar algo en un empaque o bolsa.
9. Fermentación: Dicho de los hidratos de carbono: Degradarse por acción enzimática, dando lugar a productos sencillos, como el alcohol etílico y anhídrido carbónico.
10. Levadura: Nombre genérico de ciertos hongos unicelulares, de forma ovoidea, que se reproducen por gemación o división. Suelen estar unidos entre sí en forma de cadena, y producen enzimas capaces de descomponer diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares, en otros más sencillos.
11. Gluten: es el conjunto de dos fracciones proteicas, la gliadina y la glutenina, unidas por enlaces.
12. Oxidación: Acción y efecto de perder electrones de parte de un oxidante.
13. Temperatura: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente.
14. Actividad acuosa: moléculas de agua disponibles en un alimento, no comprometidas en uniones intermoleculares con los grupos cargados, quedando disponibles para ser metabolizadas por parte de las bacterias.



**ANEXO 2. NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA".  
NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. (ESTA NORMA  
CANCELA A LA NMX-F-159-S-1979).**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice, Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.- Dirección General de Normas.-  
Departamento de Normalización Nacional.

## AVISO AL PÚBLICO

Con fundamento en lo dispuesto en los artículos 1o., 2o., 4o., 23, inciso C, y 26 de la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas, publicada en el "Diario Oficial" de la Federación con fecha 7 de abril de 1961, esta Secretaría ha aprobado la siguiente Norma NMX-F-159-S-1979.

## 0. INTRODUCCIÓN

La presente Norma se aplica al pan blanco de caja, conocido también como pan blanco, cuya característica es la de tener la miga de color blanco y presentar la forma de un paralelepípedo, pudiendo estar rebanado o no. Las especificaciones que se señalan a continuación sólo podrán satisfacerse cuando en la fabricación del producto se utilicen materias primas e ingredientes de buena calidad sanitaria y se elaboren en locales e instalaciones en condiciones higiénicas que cumplan con el Código Sanitario, sus reglamentos y demás disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma señala las especificaciones y características que debe cumplir el pan blanco de caja destinado a la alimentación humana.

## 2. REFERENCIAS

Para la verificación de las especificaciones que se establecen en esta Norma se deben aplicar las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-F-083. Método de prueba para la determinación de humedad a 100-105°C en el azúcar.

NMX-F-066. Método de prueba para la determinación de cenizas.

NMX-F-068. Método de prueba para la determinación de proteína.

NMX-F-089. Método de prueba para la determinación de extracto etéreo.

NMX-F-090. Método de prueba para la determinación de fibra cruda en productos vegetales.

NMX-F-317-S. Determinación de pH en alimentos.

NMX-F-253. Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.

NMX-F-255. Conteo de hongos y levaduras en alimentos.

NMX-F-308. Cuenta de organismos coliformes fecales.

NMX-F-254. Cuenta de organismos coliformes.

NMX-R-18. Muestreo para la inspección por atributos.

NMX-F-228. Etiquetado y rotulación de alimentos y bebidas.

NMX-F-304. Alimentos-Método General de Investigación de Salmonella.

NMX-F-310. Alimentos-Determinación de cuenta de Staphylococcus aureus, coagulasa positiva.

### 3. DEFINICIÓN Y DENOMINACIÓN DEL PRODUCTO

Para los efectos de esta Norma se establece la siguiente definición, pan blanco de caja: es el producto alimenticio elaborado mediante la cocción por horneado de la masa fermentada, elaborada con la harina de trigo, agua potable, sal yodada, levadura y otros ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos (véase 5.6, 5.7 y 5.8).

### 4. CLASIFICACIÓN

El producto objeto de esta Norma se clasifica en un sólo tipo y grado de calidad, denominándose "Pan Blanco de Caja".

## 5. ESPECIFICACIONES

El producto motivo de esta Norma debe cumplir con las siguientes especificaciones:

### 5.1 Características sensoriales

#### 5.1.1 Aspecto externo:

La pieza de pan blanco debe presentar la forma de un paralelepípedo simétrico, pudiendo ser rectangular o abombado con aristas ligeramente redondeadas, sin extremos bajos ni cuadrados. No debe presentar forma de tornillo, ni estar colapsado.

#### 5.1.2 Color exterior:

La superficie exterior y la corteza deben presentar un color amarillo rojizo, el cual deberá ser lo más uniforme posible por el horneado y en todas sus caras, a excepción de la greña, no deberá presentar manchas ni vetas y deberá tener cierto brillo.

#### 5.1.3 Tipo de corteza:

Debe ser delgada, suave, romperse fácilmente y no debe ser correosa.

#### 5.1.4 Rebanado:

Si el producto se presenta rebanado, el espesor de la rebanada debe ser uniforme por pieza de pan blanco.

#### 5.1.5 Color de la miga:

Debe ser blanco brillante, con un matiz uniforme, sin vetas, manchas ni coloraciones.

#### 5.1.6 Grano:

El grano debe ser tal de manera que las celdillas de la miga sean pequeñas, de tamaño uniforme, de forma ligeramente ovalada, de paredes delgadas y sin agujeros. La superficie de la rebanada no debe presentar desgarraduras.

5.1.7 Aroma: Agradable, característico, no debe ser picante ni rancio.

5.1.8 Sabor: Agradable, característico, no debe ser ácido.

#### 5.1.9 Textura:

a) Sensación al tacto: suave, firme y no desmoronable ni pegajoso.

b) Masticación: no debe ser masudo, seco, correoso o pegajoso.

#### 5.2 Físicas y químicas.

El pan blanco de caja deberá cumplir con las especificaciones de la tabla siguiente:

TABLA 1

ESPECIFICACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO
Humedad en %	30	38
Cenizas en %	1.8	2.5
Proteínas ( N x 5.7) en %	8	9
Grasa en %	0.8	4.0
Fibra cruda en %	0.2	0.4
pH	4.5	5.8

### 5.3 Microbiológicas.

Cuenta de hongos y levaduras por un g máx. 10 colonias

Cuenta de Coliformes fecales por un g negativo

Cuenta de Salmonella por 25 g negativo

Cuenta de Coliformes totales por 0.1 g negativo

Cuenta de Staphylococcus aureus por un g negativo

El pan blanco de caja no deberá contener otros microorganismos patógenos ni toxinas microbianas que afecten la calidad sanitaria del producto.

### 5.4 Materia extraña.

Los ingredientes utilizados en la elaboración deben estar exentos de fragmentos, larvas y huevecillos de insectos, pelos y excretas de roedor y partículas magnéticas u otros materiales extraños.

### 5.5 Contaminantes.

Los residuos de plaguicidas autorizados deben estar dentro de los límites que señale la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

### 5.6 Ingredientes básicos.

Harina de trigo (ver NMX-F-7), agua potable, levadura activa fresca o seca y sal yodada.

### 5.7 Ingredientes opcionales.

#### 5.7.1 Grasas:

- Manteca de cerdo comestible.
- Grasa vegetal parcialmente hidrogenada comestible.

#### 5.7.2 Leche y/o sus derivados.

5.7.3 Edulcorantes nutritivos: Sacarosa, lactosa y maltosa.

5.7.4 Harina de soya desengrasada.

Podrá agregarse hasta un 3% de la harina de trigo empleada en la formulación.

5.8 Aditivos alimentarios.

Los siguientes aditivos podrán usarse dentro de los límites establecidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, pudiendo ser autorizados nuevos aditivos o excluidos los que se señalan o disminuidos en sus límites, cuando la misma lo considere conveniente para protección de la salud.

5.8.1 Emulsivos.

Lecitina, mono y diglicéridos derivados de grasas o aceites comestibles y estearil-2-lactato de sodio. La cantidad total de cada uno de los aditivos de este grupo o en combinación de dos o más, no debe ser mayor de 0.5 g por 100 g de harina de trigo empleada.

5.8.2 Conservadores.

Vinagre de cereales o de alcohol en cantidad suficiente.

Propionato de sodio o de calcio no mayor de 0.32 g por cada 100 g de harina de trigo empleada en la formulación.

5.8.3 Enzimas amilolíticas y proteolíticas.

Preparados de enzimas de origen microbiano inocuas a la salud, enzimas derivadas de *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis* u otros permitidos en la cantidad estrictamente necesaria.

5.8.4 Gluten de trigo.

En cantidad no mayor de 4 g por 100 g de harina de trigo y en caso de que figure en el etiquetado (con gluten de trigo) esta cantidad no será menor de 2 g por 100 g de harina de trigo.

#### 5.8.5 Aditivos oxidantes.

Bromato de potasio, bromato de calcio, yodato de potasio y peróxido de calcio. Cualquier combinación de dos o más de estos aditivos, incluyendo cualquier cantidad presente en la harina de trigo utilizada, no debe ser mayor de 0.0075 g por 100 g de harina de trigo empleada en la formulación.

De azodicarbonamida la cantidad total, incluyendo la cantidad que presente en la harina de trigo, no debe ser mayor de 0.0045 g por cada 100 g de harina de trigo empleada.

#### 5.8.6 Acidulantes, alcalinizantes y buffer.

La cantidad total de los ingredientes del alimento para levadura y las sales de calcio, no debe ser mayor de 0.25 g por cada 100 g de harina de trigo empleada en la formulación. La cantidad total de fosfato monocálcico no será mayor de 0.75 g por cada 100 g de harina de trigo empleada en la formulación. Acido láctico en cantidad necesaria.

### 5.9 Nutrimentos.

#### 5.9.1 Vitaminas y minerales.

Los permitidos dentro de los límites autorizados por el reglamento correspondiente y la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

#### 5.9.2 Proteínas y aminoácidos:

Los permitidos dentro de los límites autorizados por el reglamento correspondiente y la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## 6. MUESTREO

6.1 El muestreo se establece de común acuerdo entre fabricante y comprador, a falta de este acuerdo se recomienda el siguiente método de muestreo para la aceptación de lotes del producto objeto de esta Norma, siguiendo las prescripciones indicadas en la Norma NMX-R-18 (véase capítulo 2), considerando para ello los siguientes parámetros:

- Nivel de Inspección General I.
- Nivel de calidad aceptable 4%

### 6.2 Criterio de aceptación.

Si el número de unidades defectuosas es menor o igual al número de aceptación, se acepta el lote. Si el número de unidades defectuosas es mayor o igual al número de rechazo, se rechaza el lote.

6.3 Para fines de control sanitario, la toma de muestras se debe llevar a cabo por inspector sanitario autorizado y puede ser del producto, de la materia prima utilizada, de las substancias que directa o indirectamente están en contacto con el producto, durante su elaboración, manipulación, mezcla, acondicionamiento, envase, almacenamiento, expendio o suministro al público, y se aplicará el sistema de muestreo que la Secretaría de Salubridad y Asistencia tiene establecido.

## 7. MÉTODOS DE PRUEBA

Para la comprobación de las especificaciones de esta Norma, deben aplicarse los métodos de prueba mencionados en el capítulo 2 y los métodos que sean necesarios para su control.

## 8. MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE

### 8.1 Marcado y etiquetado.



Cada envase debe llevar una etiqueta o impresión permanente en idioma castellano, en lugar visible, claro y fácilmente legible, con los siguientes datos:

- Nombre o denominación del producto (ver introducción).
- Nombre, marca comercial o símbolo del fabricante.
- El texto de contenido neto seguido de la cantidad correspondiente, expresada en gramos o kilogramos o con su abreviatura oficial correspondiente g y kg en caso de estar rebanado, indicar el número de rebanadas, con más menos una rebanada.
- Nombre o razón social y domicilio del fabricante.
- Clave de fabricación o número de lote (ver apéndice 10.2).
- Lista de ingredientes completa, en orden decreciente de cantidad, señalando el porcentaje y función de los aditivos empleados (conservadores y emulsivos).
- La leyenda "Hecho en México"
- Número de Registro y texto de las siglas Reg. S.S.A.....No....."A" y demás datos que exige el reglamento respectivo o disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## 8.2 Envase y embalaje.

El producto, objeto de esta Norma se debe envasar en papel celofán, polietileno, polipropileno u otro material adecuado de calidad sanitaria que evite su contaminación, no altere su calidad ni sus características sensoriales.

## 9. ALMACENAMIENTO

El producto terminado debe conservarse en locales debidamente acondicionados para el caso y que reúnan los requisitos sanitarios que señale la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## 10. APÉNDICE

### 10.1 Greña.

Es la franja pálida que se forma longitudinalmente por efecto de la cocción, en la parte superior de las caras laterales.

10.2 Por medio de la clave o número de lote el fabricante identificará el producto que tenga más de 10 días en el comercio, para que lo retire del mismo.

10.3 La harina de trigo empleada, se recomienda que no tenga más de 20 esporas productoras de rope por 100 g de harina.

10.4 Se entiende por rope, también llamado hilamiento o viscosidad, a la alteración que suelen presentar los productos de panadería, provocada por una variante mucoide del *Bacillus subtilis* o *Bacillus mesentericus*. Al principio de la alteración se percibe un olor desagradable una coloración entre amarillo y pardo, con posterior reblandecimiento de la miga y finalmente, se presentan la viscosidad y los filamentos.

## Bibliografía

- ✓ Academia del área de plantas piloto de alimentos (A. A. P. P. A) (2004) **Introducción a la tecnología de alimentos** (2da ed.) México, D.F: Limusa noriega editores.
- ✓ Boatella,J., Codony,R, López, P (2004) **Química y Bioquímica de los alimentos II**. Barcelona, España: Ediciones Universitat.
- ✓ Bobrow-Strain, A. (2012) **White Bread: A Social History of the Store-Bought Loaf**. Boston, Massachusetts United States of America: Beacon Press Books.
- ✓ Calaveras, J (2004) **Nuevo tratado de panificación y bollería**. (2da ed.) Madrid, España: AMV ediciones & Mundi-presa.
- ✓ Chamorro, A., Miranda, F., Rubio, S. (2007) **Introducción a la gestión de la Calidad**. Madrid, España: Delta publicaciones
- ✓ García, V. (1995).Introducción a la Microbiología (2da ed.) Costa Rica: Universidad Estatal a distancia.
- ✓ Gil, Ángel (2010) **Libro blanco del pan**. Madrid, España: Ed Médica Panamericana.
- ✓ Quaglia, G. (1991) **Ciencia y tecnología de la panificación**. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- ✓ Verdoy, P., Mahiques,J., Sirvent, R., Sagasta, S.(2006) **Manual de control estadístico de calidad: teorías y aplicaciones**: Universitat Jaume I.
- ✓ Vera, V. (2013) **Aplicación de control estadístico de procesos en una industria panadera**. Trabajo profesional. México: Universidad Nacional Autónoma de México

## Referencias electrónicas

- ✓ Ponce, E. **Actividad de agua**. Recuperado el 10 de febrero de 2014, de: <http://docencia.izt.uam.mx/epa/archivos/quimalim/Actividadagua.pdf>
- ✓ Tejero, F. **El funcionamiento de las cámaras de fermentación**. Recuperado el 1 de Octubre de 2013, de: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/fermentaci%F3n/camaras.htm>
- ✓ Sin referencia de autor. **How it's made Bread**, Discovery Channel. Recuperado el 20 de Octubre de 2013, de: <http://www.youtube.com/watch?v=OAUCxIru10E>
- ✓ Sin referencia de autor. **NORMA MEXICANA NMX-F-159-S-1983. "ALIMENTOS. PAN BLANCO DE CAJA". DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS**. Recuperado el 26 de Septiembre de 2013, de: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-159-1983.pdf>
- ✓ Sin referencia de autor. **Línea del tiempo**, Grupo Bimbo. Recuperado el 20 de Octubre de 2013, de: <http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo/herencia/linea-de-tiempo.html>